

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra telekomunikační techniky**

**Softvérové nástroje pro modelování antén**

**Software for Antenna Simulation**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra telekomunikační techniky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Zdeněk Urban**

Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2612R059 Mobilní technologie

Téma: Softvérové nástroje pro modelování antén  
Software for Antenna Simulation

Zásady pro vypracování:

Volně šiřitelné programy pro návrh a simulaci antén jsou nepostradatelnou součástí při konstrukci antény.

Vypracovaná práce bude splňovat následující body zadání:

1. Proveďte rešerši volně šiřitelných programech pro modelování antén.
2. Stručně popište práci ve volně šiřitelných programech pro modelování antén.
3. Vytvořte praktického průvodce práce ve vybraném programu.

Seznam doporučené odborné literatury:


BALANIS, Constantine. *Antenna Theory: Analysis and design*. 3rd edition. United States : Wiley, 2005. 1117 s. ISBN 0-471-66782-X.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Dvorský, Ph.D.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013

  
\_\_\_\_\_  
prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.  
vedoucí katedry




  
\_\_\_\_\_  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Dne: 6.5.2013

  
.....  
podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Marku Dvorskému, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Hlavní náplní této bakalářské práce je průzkum současného stavu simulačních programů pro tvorbu antén, které máme k dispozici a jejich srovnání. Do šetření bylo zahrnuto dvanáct nejvíce dostupných programů a to jak volně dostupných, tak i placených. Tyto programy byly analyzovány a porovnány z hlediska jejich základu, licence, obtížnosti ovládání, možností, schopností modelace a dalších. Zahrnuta je historie simulace a také jednotlivých softwarů.

Dalším a hlavním cílem práce bylo vybrat dva programy, blíže je analyzovat a vytvořit pro každý z nich uživatelskou příručku, pomocí vyhledávání, analýzy a ve většině případů také překladu z anglického jazyka.

Přínosem této bakalářské práce jsou právě tyto manuály k programům MMANA-GAL a 4NEC2, které budou svého druhu, první kompletně v češtině.

## **Klíčová slova**

4NEC2, Anténa, Modelování antén, MMANA-GAL, Praktický průvodce, Rádiové spojení, Rešerše, Simulace, Simulační programy, Simulování zisku antény, Srovnání programů pro anténní simulaci, Volně šiřitelné programy

## **Abstract**

The main concern of this thesis is to survey the current state of simulation software for creating antennas that we have available and their comparison. The survey includes twelve most available programs what are freely available or paid. These programs were analyzed and compared in terms of their base license, the difficulty of control, possibilities, modeling and more. In the thesis is included the history of simulation and software.

Another main goal was to select two programs. Then them closer to analyze and create for each user guide. User guide was made through search, analysis, and in most cases with a translation from the English language.

The contribution of this thesis is mainly these manuals to programs MMANA-GAL and 4NEC2. These two manuals are the first in Czech language of this kind.

## **Key words**

4NEC2, antenna, antenna modeling, MMANA-GAL, A Practical Guide, radio communication, information retrieval, simulation, simulation programs, simulated antenna gain, comparison programs for antenna simulation, Free programs

## Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
<b>C</b>	F	Kapacita
<b>f</b>	Hz	Frekvence
<b>F/B</b>	dB	Předozadní poměr
<b>Ga</b>	dB <sub>i</sub>	Absolutní zisk
<b>I</b>	A	Proud
<b>jX</b>	$\Omega$	Vstupní impedance
<b>L</b>	H	Indukčnost
<b>R</b>	$\Omega$	Odpor
<b>U</b>	V	Napětí

## Seznam použitých zkratek

Zkratka	Anglický význam	Český význam
<b>ASA</b>	American Standard Asociation	Asociace amerických standardů
<b>ASAP</b>	Antenna Scatterers Analysis Program	Program pro rozptylovou anténní analýzu
<b>ASCII</b>	American Standard Code for Information Interchange	Americký standardní kód pro výměnu informací
<b>CAD</b>	Computer Aided Design	Počítačem podpořený návrh
<b>CST</b>	Computer Simulation Technology	Počítačová simulační technologie
<b>EMSS</b>	Electromagnetic Software & Systems	Elektromagnetické programy a systémy
<b>IANA</b>	Internet Assigned Numbers Authority	Autorita pro přidělování čísel na Internetu
<b>ICARA</b>	Induced Current Analysis of Reector Antennas	Indukovaný proudový analyzátor antén
<b>IGES</b>	Initial Graphics Exchange Specification	Původní specifikace grafické výměny.
<b>ISEC</b>	Information Systems Engineering Command	Velitelství Informačních systémů a Techniky
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization	Mezinárodní organizace pro standardizaci
<b>LAN</b>	Local area network	Lokální síť
<b>MIT</b>	Massachusetts Institute of Technology	Institut technologie v Massachusetts
<b>MMANA</b>	Multilingual MM Antenna Analyzer	Vícejazyčný MM Anténní Analyzátor
<b>MoM</b>	Method of moment	Metoda momentu
<b>NEC</b>	Numerical Electromagnetics Code	Číselný elektromagnetický kód
<b>NOSC</b>	Naval Ocean Systems Center	Systémové Středisko Válečného Námořnictva
<b>RISC</b>	Reduced Instruction Set Computing	Procesory s redukovanou instrukční sadou
<b>SWR</b>	Standing Wave Ratio	Poměr stojatých vln
<b>USA</b>	United States of America	Spojené státy Americké
<b>VPN</b>	Virtual private network	Virtuální privátní síť



## Seznam použitých termínů

Termín	Význam termínu
<b>Far field</b>	Vzdálené pole.
<b>Near field</b>	Blízké pole.
<b>Shareware</b>	Jde o zkušební verzi, jinak placeného softwaru.
<b>Freeware</b>	Jde o programy, které jsou zdarma.
<b>Trial</b>	Program má časově omezenou licenci.
<b>Demo</b>	Funkčně omezená verze programu.
<b>„Garbage in,garbage out“</b>	Doslovný překlad je: smetí dovnitř, smetí ven. Významově se jedná o pořekadlo používané v informačních technologiích, které tvrdí, že by jsme neměli slepě přijmout to, co počítač zobrazí.
<b>Unix</b>	Ochranná známka operačního systému Bellových laboratoří.
<b>Windows</b>	Ochranná známka operačního systému firmy Microsoft.

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Historie simulací antén.....	2
2.1	Předchůdci simulačního softwaru.....	2
2.2	Historie programů na bázi NEC.....	2
2.3	Historie programů na bázi ASCII.....	5
2.4	Historie programů na bázi CAD.....	6
2.5	Popis metody momentu.....	7
3	Výčet běžně dostupných programů.....	9
3.1	Freeware programy.....	10
3.1.1	MMANA-GAL.....	10
3.1.2	4NEC2.....	11
3.1.3	ICARA.....	12
3.1.4	ASAP.....	13
3.2	Shareware a placené programy.....	14
3.2.1	AN-SOF.....	14
3.2.2	EZNEC.....	15
3.2.3	SuperNEC.....	16
3.2.4	Antenna Magus.....	17
3.2.5	FEKO.....	18
3.2.6	Ansoft HFSS.....	19
3.2.7	Comsol FEMLAB.....	20
3.2.8	CST design studio.....	21
3.3	Celkové srovnání programů.....	22
4	Představení vybraných programů.....	24
4.1	Dodatečná řešení dvou vybraných programů.....	24
4.2	Detailní představení programu MMANA-GAL.....	24
4.3	Detailní představení programu 4NEC2.....	25

5	Závěr.....	27
	Použitá literatura .....	XXVIII
	Seznam obrázků .....	XXX
	Seznam tabulek .....	XXX
	Seznam příloh.....	XXXI

---

# 1 Úvod

Volně šiřitelné programy pro návrh a simulaci antén jsou nepostradatelnou součástí při konstrukci antény. V dnešní moderní době se dá kvalitní anténní systém pořídit za přijatelnou cenu. Přesto ale zůstává široký kruh radioamatérů a tvůrců antén, kteří ocení kvalitní simulační program, který jim pomůže se stavbou. Nebo jim poskytne možnost otestovat si již zakoupenou nebo vlastnoručně vytvořenou anténu. Dostupných programů je na současném trhu více než dost. Mnoho ale neodpovídá současným požadavkům průměrně náročného uživatele.

Většina programů má vážné nedostatky:

- Nepřiměřenou cenu.
- Příliš složitou obsluhu.
- Jsou zastaralé a tudíž nepoužitelné.
- Postrádají návod v českém jazyce.

Některé z nich jsou světlejšími výjimkami s jednodušší obsluhou, srozumitelností, aktuálností a přitom volně dostupné. Právě na tyto simulační programy je zaměřena má bakalářská práce.

Tématem bakalářské práce jsou softvérové nástroje pro modelování antén. Hlavními cíli práce je provést rešerši volně šiřitelných programů pro modelování antén, stručně popsat práci ve volně šiřitelných programech pro modelování antén a vytvořit praktického průvodce ve vybraném programu.

Ke zpracování bylo použito následujících metod::

- Analýzu dostupných informací o dané problematice.
- Výběr a popis vhodných programů.
- Zkoumání celé problematiky simulací
- Rozbor programu MMANA-GAL.
- Rozbor programu 4NEC2.
- Vytvoření průvodce – příručky pro uživatele

První část práce se zabývá prvopočátkem historie simulace antén. A dále simulačních programů, zhruba od poloviny 20. století dodnes.

Další kapitola je věnována rešerši volně dostupných i placených programů, řešících tuto problematiku. Tyto programy jsou zde stručně popsány a srovnány jejich parametry.

V praktické části jsou vybrány dva volně dostupné programy MMANA-GAL a 4NEC2, ke kterým jsou vytvořeny uživatelské příručky. Tyto příručky budou vloženy jako přílohy číslo 1 a 2 u této bakalářské práce a mohou být použity samostatně jako výukový materiál a nebo jako manuály k daným programům.

V závěru bude práce v obou programech zhodnocena.

---

## 2 Historie simulací antén

### 2.1 Předchůdci simulačního softwaru

V roce 1887 pan Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) postavil první systém, který dokázal detekovat a přijímat rádiové vlny. Díky tomuto a taky jiným úspěchům byla na jeho počest pojmenována jednotka frekvence v mezinárodní tabulce SI. Další z významných objevitelů byl Guglielmo Marconi (1874-1937), který dokázal uvést rádiové síť do praxe a jako první v roce 1901 provedl experiment, při kterém vysílal rádiové vlny přes Atlantický oceán. A již v této době začínala simulace antén jít pomalu do popředí. Samozřejmě celou situaci s rádiovými přenosy a anténami urychlily války, ve kterých se světové armády předháněly ve vývoji.

Před nástupem výpočetní techniky jak sálových počítačů, tak i běžných osobních, bylo simulování antén obtížný proces. Vědci a tvůrci antén vždy chtěli docílit co možná nejefektivnějšího tvaru antény, co se týče poměru: cena za materiál / výkon (zisk antény). Aby se každá anténa nemusela nejdříve zkonstruovat, vznikla simulace a zkušební výpočty. Tyto výpočty byly však velmi obtížné, jelikož pro kvalitní výpočet vzdáleného pole antény je zapotřebí mnoha obtížných matematických úkonů. Úkony jako integrály, složené diferenciální rovnice a to vše počítáno v maticových polích, jsou při výpočtu takového rozsahu zcela běžné. A proto pro domácí použití bylo efektivnější prostě anténu sestavit.

Toto řešení ale nebylo efektivní pro velké korporace a jako je např. armáda, televizní nebo rádiové společnosti a spousta dalších. Proto tyto korporace začaly vyvíjet systémy, jak tento proces urychlit. S nástupem prvních počítačů se celá situace změnila a na svět začaly přicházet první pomocné programy, které značně snížily výpočetní dobu těchto problémů.

### 2.2 Historie programů na bázi NEC

**NEC** [Numerical Electromagnetics Code - Číselný elektromagnetický kód]

Historie těchto systémů je velice obsáhlá. Dalo by se říci, že tyto systémy jsou nejstarší, protože od prvopočátku byly přímo zaměřeny na anténní simulaci a rádiovou techniku. Kdežto ASCII a CAD měli ze začátku zcela jiný účel. Také mnoho programů, které jsou na CAD bázi, má výpočetní matici založenou na těchto systémech.

V roce 1960 byl zaznamenán rozmach použití digitálních počítačů pro řešení okrajových problémů pomocí integrálních rovnic. Zájem o tuto technologii rostl, také přispěly publikace Rogera Haringtona, Jacka Richmonda a Kena Meie. Tento zájem byl ještě podpořen vládou USA. Další skok je v roce 1965, vychází z práce Jacka Richmonda ve které se objevil tzv. Ohio State kód (Pulzní funkce, bodové označování a Metoda momentu). V tomto roce také byla představena „funkce na bázi třech termínů“ (tzv. three-term basis function), která vycházela z práce Kena Meie. Funkce na bázi třech byla vyjádřena jednoduše: (Konstanta + Sinus + Kosinus). Toto se začalo používat pro smyčky a rovné dráty. Poté byl tento kód ještě vylepšen a byl rozvinut ve spolupráci letectva a raketové obrany.

Rok 1967: Hlavní tahounem pro rozptylové výpočty se stává MBAssociates. V roce 1968 byl vyvinut software ATNBRACT, který sloužil pro anténní výpočty a to metodou zavedení zdroje na jednotlivé dráty a „koeficientu odrazu sblížování“ na zem. Důležitý krok v této historii je rok 1970, kdy se americká vláda formálně začala zajímat o uživatelsky orientovaný nástroj schopný anténních výpočtů

---

a simulací. V tuto chvíli byl projekt podporován Inženýry amerického námořnictva, Armádní složkou pro komunikační systémy a spoustou dalších důležitých složek americké armády. Tyto složky pracovaly na zjemnění a vyladění původního ANTBRAC a vyvinuly tzv. AMP. Ten se vykazoval mnohem více uživatelsky přívětivým prostředím a také rozšířenými schopnostmi programu. Dokázal již plně simulovat antény, ale program byl stále příliš pomalý. Hlavně při modelování obsáhlejších systémů. Proto na svět vyšla (v roce 1975) inkarnace v podobě AMP2, která byla daleko rychlejší a plynule navazovala na AMP. Techniky úspory času byly prokázány na anténách, které se nacházely na fregatách amerického námořnictva.

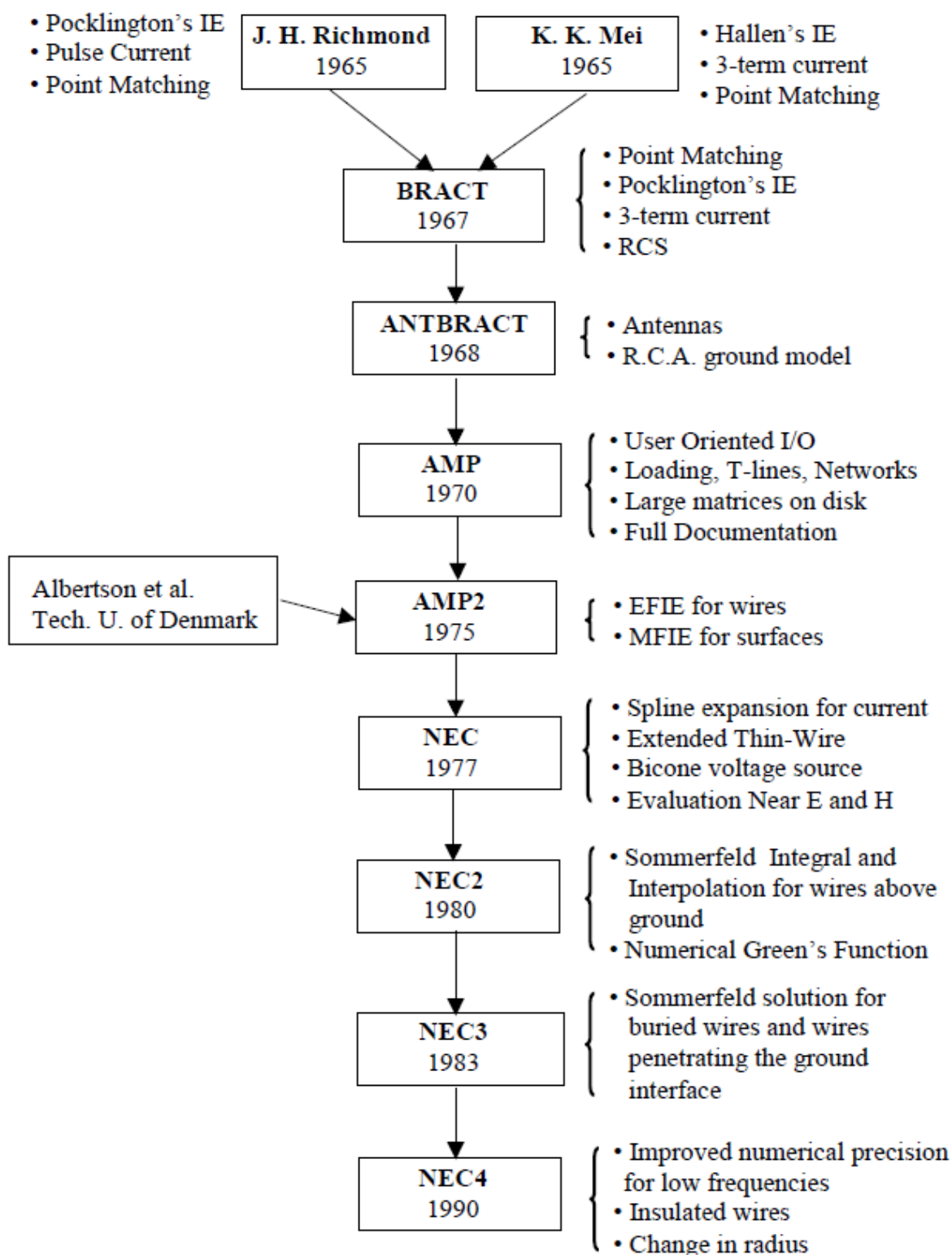
Pomezím je rok 1977, kdy byl poprvé představen NEC. Dva armádní inženýři Phil Castillo a John Rockway přišli s vylepšením, že stávající základní funkce rozšíří o jádra tenkých drátů. Takto vznikl NEC, který posuzoval elektromagnetické interakce ve velmi širokém kmitočtovém rozsahu. Tento systém se stále vylepšoval a v různých obměnách se používá dodnes. Obměňovala se technika výpočtů (integrály, a také matice a jejich uspořádání).

V roce 1980 vyšla verze NEC2, bohužel se během několika let ukázalo, že je metoda neúčinná, a to u simulací, které vyžadovaly uzemnění. A proto se k US army (oddělení ISEC) připojil NOSC, který pomáhal s financováním výzkumu. Chtěli co nejrychleji napravit tento nedostatek a to se jim povedlo.

V Roce 1983 spatřil světlo světa NEC3. Ten řešil veškeré výše uvedené problémy, ale navíc umožnil modelování drátů a ploch s nekonečným dielektrikem nebo ztrátovým médiem. Nicméně americká vláda je citlivá na úniky dat a proto celý projekt označila za kritický a přísně omezený. S tímto omezením bylo distribuováno pouze 250 výtisků příručky k tomuto programu.

Rok 1990: Další vydaná verze, a to NEC4. Tato verze otevřela dveře do výpočtů při extrémně nízkých frekvencích. Samozřejmě, že zásluhy za vývoj patří armádě (ISECu) a také NOSC. NEC4 překonal veškeré problémy, které původní verze měly a má navíc schopnosti přesného modelování drátů a izolovaných vodičů.

V dnešní době si NEC „žije“ vlastním životem, jelikož verze NEC2 byla vypuštěna zdarma do světa jako Open-source licence. Proto vzniklo mnoho různých verzí tohoto programu: MININEC, MMANA, EZNEC, NECforWin, 4NEC2 a mnoho dalších. Je to zejména kvůli komunitě, která se vytvořila mezi radioamatéry a uživateli. Hlavním faktorem úspěchu NECu je skutečnost, že se opírá o hluboké kořeny, které byly v průběhu let ověřeny, a také o neustálou podporu uživatelů z celého světa.



Obrázek 2.1: Historie a evoluce NECu

## 2.3 Historie programů na bázi ASCII

**ASCII** [American Standard Code for Information Interchange - Americký standardní kód pro výměnu informací]

je standard kódování, který může být používán pro vyměňování informace, jestliže jsou informace vyjádřeny hlavně psanou formou (anglickými slovy). To je realizováno pomocí schématu znakového kódování, původně založeného na anglické abecedě a jejím uspořádání. ASCII kódy reprezentují text v počítačích, komunikačním vybavení a jiných zařízeních, která pracují s textem. Nejmodernější znaková kódování mají mnohem větší podporu symbolů než základní ASCII kód.

Historicky se ASCII vyvíjel z telegrafních kódů. Poprvé byl komerčně použit u sedmibitového kódu, který se užíval při dálkopisu. Samozřejmě vše bylo podporováno Bellovy datovými službami. Samotný ASCII standard se spustil 6. Října 1960, zároveň s prvním zasedáním asociace amerických standardů (ASA). První standard byl vydán v roce 1963 a hlavní revize celého projektu proběhla až v roce 1967. Naposledy byl tento standard aktualizován v roce 1983. V porovnání s předchozími telegrafními kódy byl Bell kód a ASCII navrhnout tak, aby měl mnohem příjemnější třídění (tzv. „abecedování“) celých seznamů a přidanych funkcí pro jiné zařízení, než je teleprinter.

*Obsahuje tedy 128 platných znaků. Pro potřeby dalších jazyků a pro rozšíření znakové sady se používají osmibitová rozšíření ASCII kódu, která obsahují dalších 128 kódů. Takto rozšířený kód je přesto příliš malý na to, aby pojmul třeba jen evropské národní abecedy. Pro potřeby jednotlivých jazyků byly vytvořeny různé kódové tabulky, význam kódů nad 127 není tedy jednoznačný. Systém kódových tabulek pro národní abecedy vytvořila například organizace ISO. [3]*

Zde je příklad tabulky:

Dec	Hex	Zkratka	Význam	Dec	Hex	Znak	Dec	Hex	Znak	Dec	Hex	Znak
0	00	NUL	NULL character	32	20	SP (mezera)	64	40	@	96	60	`
1	01	SOH	Start of Header	33	21	!	65	41	A	97	61	a
2	02	STX	Start of Text	34	22	"	66	42	B	98	62	b
3	03	ETX	End of Text	35	23	#	67	43	C	99	63	c
4	04	EOT	End of Transmission	36	24	\$	68	44	D	100	64	d
5	05	ENQ	Enquiry	37	25	%	69	45	E	101	65	e
6	06	ACK	Acknowledge	38	26	&	70	46	F	102	66	f
7	07	BEL	Bell	39	27	'	71	47	G	103	67	g
8	08	BS	Backspace	40	28	(	72	48	H	104	68	h

Obrázek 2.2: Příklad ASCII tabulky

IANA preferuje název US-ASCII, aby se zabránilo nejednoznačnosti. ASCII se nejčastěji používal pro kódování znaků na World Wide Web do prosince 2007, kdy byl překonán standardem UTF-8. Na tomto základu tedy pracují i programy pro simulaci rádiových signálů. Od těchto programů se pomalu upouští, ale rozhodně stojí za zmínku. Mezi starší patří například ASAP, který byl přístupný již z DOSového prostředí. A nebo také novější program ICARA od španělských tvůrců, která dokáže konkurovat jak ovládáním, tak i funkcemi běžným NECovým programům. Tyto programy bývají většinou kompletně zdarma.



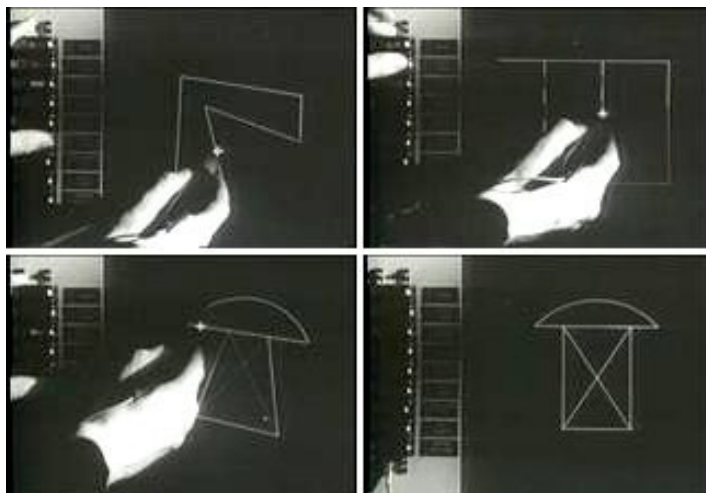
## 2.4 Historie programů na bázi CAD

**CAD** [*Computer Aided Design* - počítačem podporované navrhování]

Programy na CAD bázi mají bohatou historii, neboť vývoj si žádal tento typ softwaru. A to kvůli jednoduchému faktu: Technické výpočty se již nedaly řešit jen na papíře s pomocí logaritmického pravítka a kontrola správnosti zabírala stále více času. Do této doby se datují první zkušební testy systému CAD. Na počátku stál vynález světelného pera v roce 1950, kterým se kreslilo přímo na obrazovku počítače jako na digitální papír. Namalovaný obraz zůstal elektrostaticky zachycen na stínítku obrazovky, která sloužila zároveň jako paměť.

*Toto období je charakteristické použitím velkých počítačů, vektorově zobrazujících terminálů a softwarem napsaným v assembleru velmi primitivním způsobem. Vlastnictví takového zařízení bylo výsadou velkých automobilek a vývojových laboratoří. Širšímu použití bránila obrovská cena. [10]*

V roce 1960 vypracoval Ivan Sutherland pracující jako asistent v MIT disertační práci na téma aplikace počítačů v počítačové grafice a návrhu. V r.1962 projekt dokončil a vytvořil kreslicí program Sketchpad, který je považován za počátek CAD.



Obrázek 2.3: Sketchpad a světelné pero

*Pozdější nástup osobních počítačů a hardwarová zlepšení zobrazovačů firmou Tektronix pomohla snížit cenu a akcelarovat rozšíření. Typický systém řady PDP-11 byl v roce 1970 složen z 16-ti bitového počítače s 8-16 kB hlavní paměti, diskem o velikosti 2,5-10 MB pro data a 11-ti palcovou obrazovkou. Kreslicí software se většinou omezoval na jednoduché dvojrozměrné úlohy. Operační systém si buď výrobce počítače napsal od začátku podle svého návrhu, nebo zmodifikoval konkurenční produkt. O systém se dělili až čtyři uživatelé. Cena se pohybovala od 100 000\$ do 600 000\$. Grafika přetrvávala vektorová a o větší rychlosti práce proti klasickému rýsování se příliš nedalo mluvit, například chtěl-li konstruktér smazat jednu čáru, musel celou obrazovku smazat a pak dlouho čekat, než se znovu všechno zpátky postupně vykreslí.*

*Použití rastrové grafiky, jak ji známe dnes, se poprvé objevuje až koncem roku 1978. CAD pracovní stanice IBM 6090 již měla poměrně dobré rozlišení 1024x1280 s 24bitovou hloubkou barev. V této době se objevují novinky také v počítačové grafice, vymýšlí se výpočetní algoritmy pro zobrazování skrytých ploch. V roce 1979 je již specifikován známý 3D průmyslový standard pro výměnu dat mezi konstrukčními systémy - IGES (Initial Graphic Exchange Specification), který je uznáván dodnes. [10]*

V roce 1980 je ke kreslicímu programu typu ARCH MODEL vyvinut nadstandardní modul, který modeluje tělesa s trojrozměrnou grafikou ploch a renderováním. Do té doby samotný model existoval pouze v drátěné podobě. Iluze plochy modelu se v tomto modulu vytvářela sítí čar.

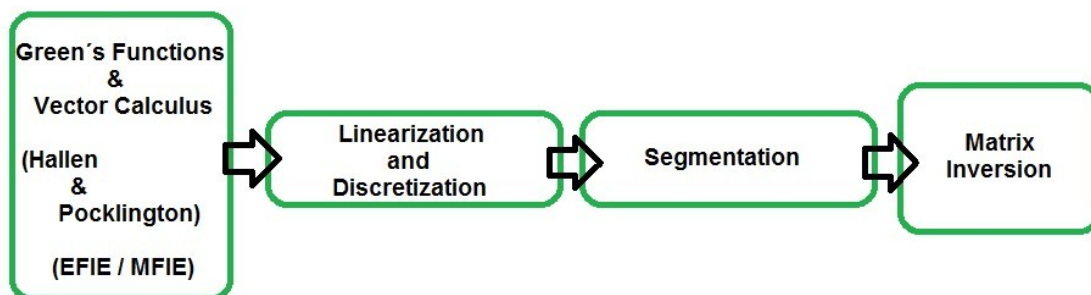
*V tuto dobu také firma Intel zahajuje výrobu, nové generace procesorů x86. Vyvíjí se pracovní stanice založené především na procesorech typu RISC od firem Apollo, Sun, Hewlett-Packard, IBM, Digital, a později Silicon Graphics. Výpočetně náročné, stále dokola opakující se výpočty transformací grafických souřadnic se postupně implementují přímo do HW grafické karty, takže se ušetří výpočetní čas procesoru. Několik organizací tou dobou začalo vyvíjet kreslicí software, schopný provozu také na lacinějších počítačích. Objevují se grafické editory typu VersaCAD, AutoCAD, CADkey, MicroCADCAM, atd. V roce 1988 se na trhu objevuje produkt firmy PTC Pro/Engineer a koncepci parametrického modelování brzo přejímají další produkty jako např. Solid Edge, SolidWorks, Unigraphics, atd. V této době se objevují první programy pro simulaci antén. Například CST studio vychází z koncepce SolidWorks. [10]*

*Od roku 1993 se postupně mění dominantní platforma založená na operačním systému UNIX. Stále více CAD systémů začíná pracovat pod operačním systémem Windows, který byl schopen zajistit stabilitu. [10] Tento trend přetrval až do dnes, většina programů na CAD bázi podporuje pouze MS Windows nebo jsou primárně určeny pro tento systém.*

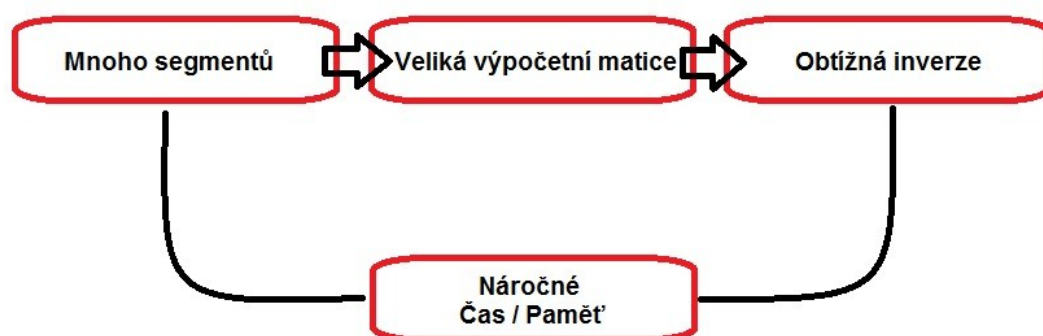
## 2.5 Popis metody momentu

Všechny programy pro modelování antén (vyjma těch založených na ASCII), pracují kromě jiných také na principu Metody momentu. Tato metoda je klíčová pro programy založené na NEC bázi. Dopodrobna ji popisují tyto publikace „Antennas from theory to practice“, autor: Yi Huang nebo „Computational Electromagnetics for RF and Microwave Engineering“, autor: David B. Davidson.

Jak tato metoda pracuje, bude proto vysvětleno pouze ve zkratce. Metoda momentu vypočítává „far field“ [vzdálené pole]. Je to numerická metoda pro výpočet proudů na kovové konstrukci antény. Každá anténa se skládá z jednotlivých drátů a tyto dráty se následně rozdělí do mnoha dílů (segmentů). Délka segmentu musí být malá ve srovnání s vlnovou délkou. Ty se poté používají při výpočtu. Proto bylo velice důležité vybrat takové programy, které dokáží operovat s co největším počtem segmentů. Samozřejmě, že platí, čím větší je anténní systém nebo čím přesnější výpočet uživatel vyžaduje, tím náročnější je na čas a hardwarové vybavení přístroje. Zde je ještě grafické znázornění metody momentu:



Obrázek 2.4: Průběh Metody Momentu



*Obrázek 2.5: Metoda Momentu a její časová závislost*

---

### 3 Výčet běžně dostupných programů

Většina programů pro simulaci antén je v dnešní době placená. Firmy požadují registrace, licence a proto zde byly zahrnuty také programy, které jsou v shareware distribuci. Pokud je software v shareware distribuci, většinou má alespoň nějakou zkušební verzi. Také většina těchto programů má buďto univerzitní program nebo zvýhodněné verze pro studenty. Jedná se tedy o přehled nejznámějších a nejpoužívanějších programů pro simulaci antén. Tento software musí splňovat určité parametry a faktory. Zejména musí být schopen vykreslit charakteristiky a zkreslení antén. Následuje uživatelské prostředí a podpora. Většinou se setkáváme se třemi druhy programů a to buď na bázi NEC systému, ASCII nebo speciální CAD systémy.

Software na NEC bázi byl již od počátku zaměřen na rádiové systémy. Původně byl především armádní záležitostí. V roce 1980 byl vyvinut NEC2, který byl poté vypuštěn na veřejnost. Od té doby z něj vychází většina těchto programů v různých verzích a distribucích. Některé vycházejí i z novějších verzí např. (NEC3 a NEC4).

- **MMANA-GAL**
- **4NEC2**
- **EZNEC**
- **AN-SOF**
- **SuperNEC**

ASCII jsou povětšinou starší softwary, které používají ASCII tabulku pro výpočet jednotlivých vlastností antén. Tyto programy nemusí být uživatelsky až tak přívětivé, ale za to bývají zdarma. Do této kategorie můžeme zařadit například **ASAP** nebo známější **ICARA**. Tyto programy pomalu mizí z internetové scény, přesto se stále používají.

- **ICARA**
- **ASAP**

Speciální CAD softwary jsou tvořeny soukromými firmami a nabízejí většinou daleko více než pouhou simulaci antény. Bohužel tyto programy např. **CST Studio**, jsou placené, a často nemají ani trial verzi. Na druhou stranu nabízejí velké balíky již hotových projektů pro usnadnění práce a taky rozsáhlé tutoriály, které jsou ještě podpořeny přednáškami a semináři.

- **CST**
- **FEKO**
- **Antenna Magus**
- **ANSYS HFSS**
- **FEMLAB**



### 3.1.2 4NEC2

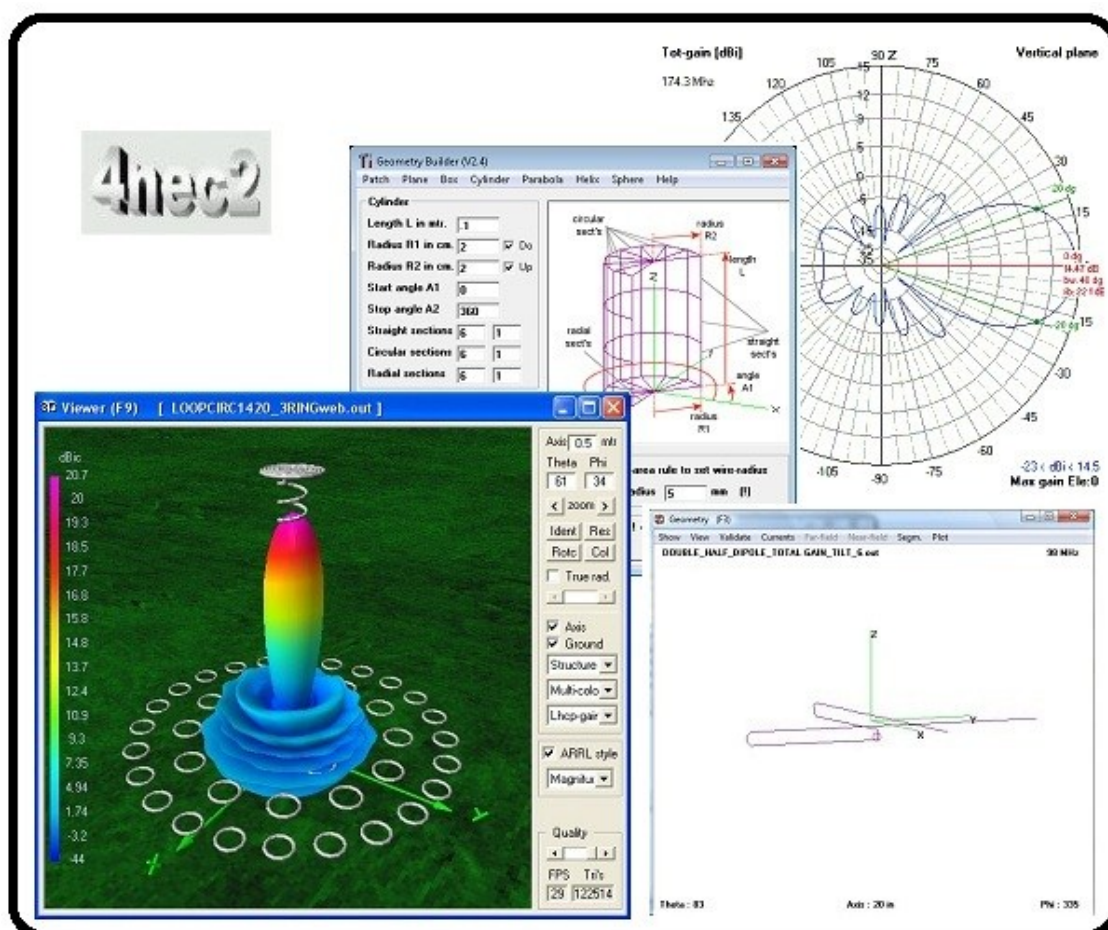
Tak jako **MMANA** vychází z NEC základu. Tento program byl vytvořen panem Arie Voorsem z Nizozemska. Je velice oblíbený pro jeho jednoduchou obsluhu a freeware licenci. Program má 3D náhledy i editor. Výborná je také kompatibilita, která je od Windows 95 až do dnešních Windows 8. Podpora pro tento program je dobrá a tvůrce reaguje na nalezené bugy a chyby programu. Příjemné je také množství detailních tutoriálů, včetně návodu k použití plus 450 přiložených ukázkových projektů. Tento software je jeden z nejlepších freeware, který je možno nalézt.

- 4NEC2 = 11000 segmentů

Jeho nevýhodou je menší počet segmentů a drátů, samozřejmě že **MMANA** jich má ve verzi Basic ještě méně, ale **4NEC2** nenabízí žádnou profesionální verzi, ani rozšíření. Také je program složitější, než by se na první pohled mohlo zdát. Má mnoho nastavení a není tak intuitivní jako **MMANA**. Jedno velké plus program má a to, že je kompletně zdarma.

Vývojářem udávaná kompatibilita s OS:

Windows 2000, Windows XP, Windows VISTA, Windows 7, Windows 8 a Linux+wine



Obrázek 3.2 Vzhled - 4NEC2



### 3.1.3 ICARA

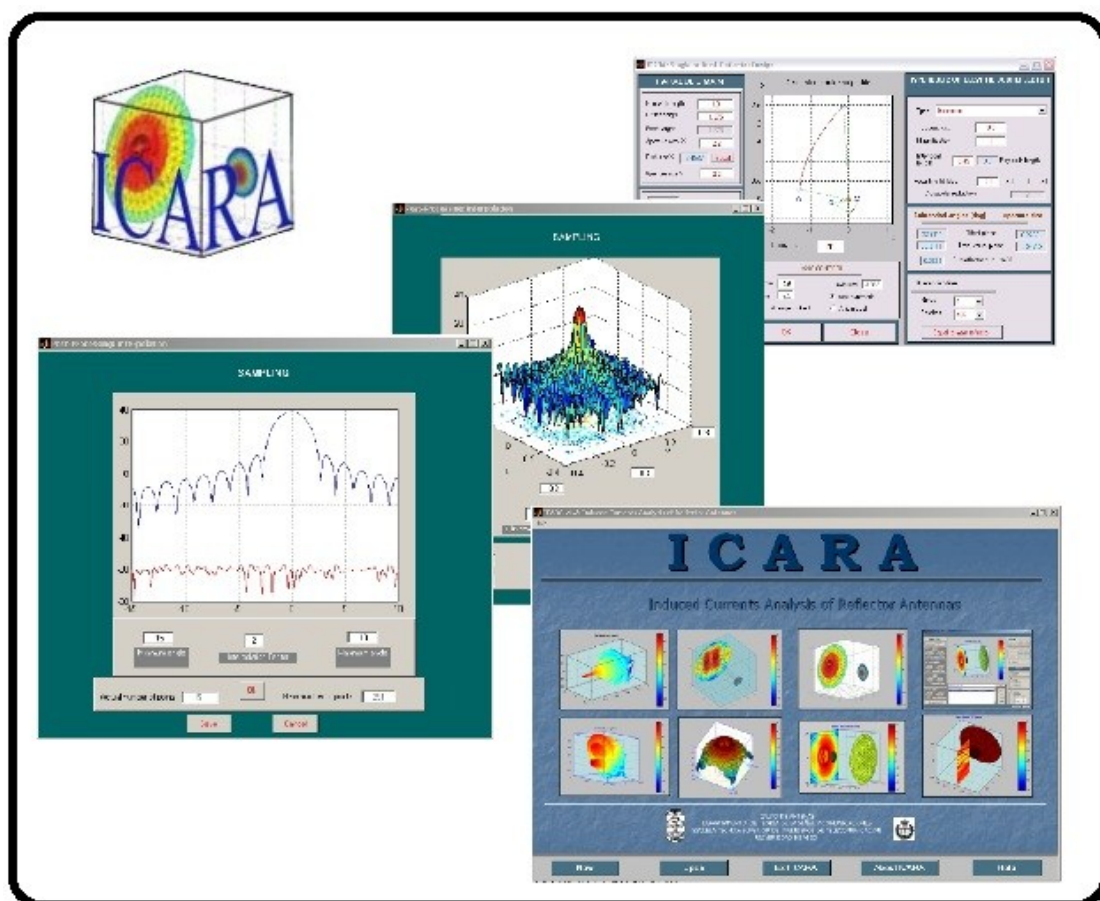
Méně známý program tvůrců z katedry Teorie signálů a komunikace z Univerzity de Vigo ve Španělsku. Má intuitivní ovládání a pracuje na principu ASCII tabulek, které uživatel vytvoří zadáním hodnot do programu. Jednoduché je také vytvoření antén. Dokáže vykreslit vzdálené pole ve 2D i 3D zobrazení a vypočítává hodnoty antény. Program je kompletně zdarma a kompatibilitu má zajištěnu na Windows XP. Na stránkách vývojářů také nalezneme kompletní dokumentaci a návod k programu.

Bohužel na stránkách nenalezneme jak velké systémy je **ICARA** schopna vykreslit a vzhledem k upadajícímu vývoji je možné, že brzy zmizí úplně. Také kompatibilita s Windows XP není již dostačující. Může se tedy stát, že na novějším systému nebude fungovat. Přesto tvůrci nedávno aktualizovali své stránky a **ICARA** je stále zahrnuta mezi jejich úspěšné projekty.

Programu se dá vytknout již upadající celkové povědomí. Autoři s tímto softwarem nechtěli dobýt svět, proto má program jednu obrovskou výhodu a to, že je zdarma. Podpora a kompatibilita ale není zrovna aktuální.

Vývojáři udávaná kompatibilita s OS:

Windows 2000 SP3, Windows XP



Obrázek 3.3 Vzhled - ICARA

### 3.1.4 ASAP

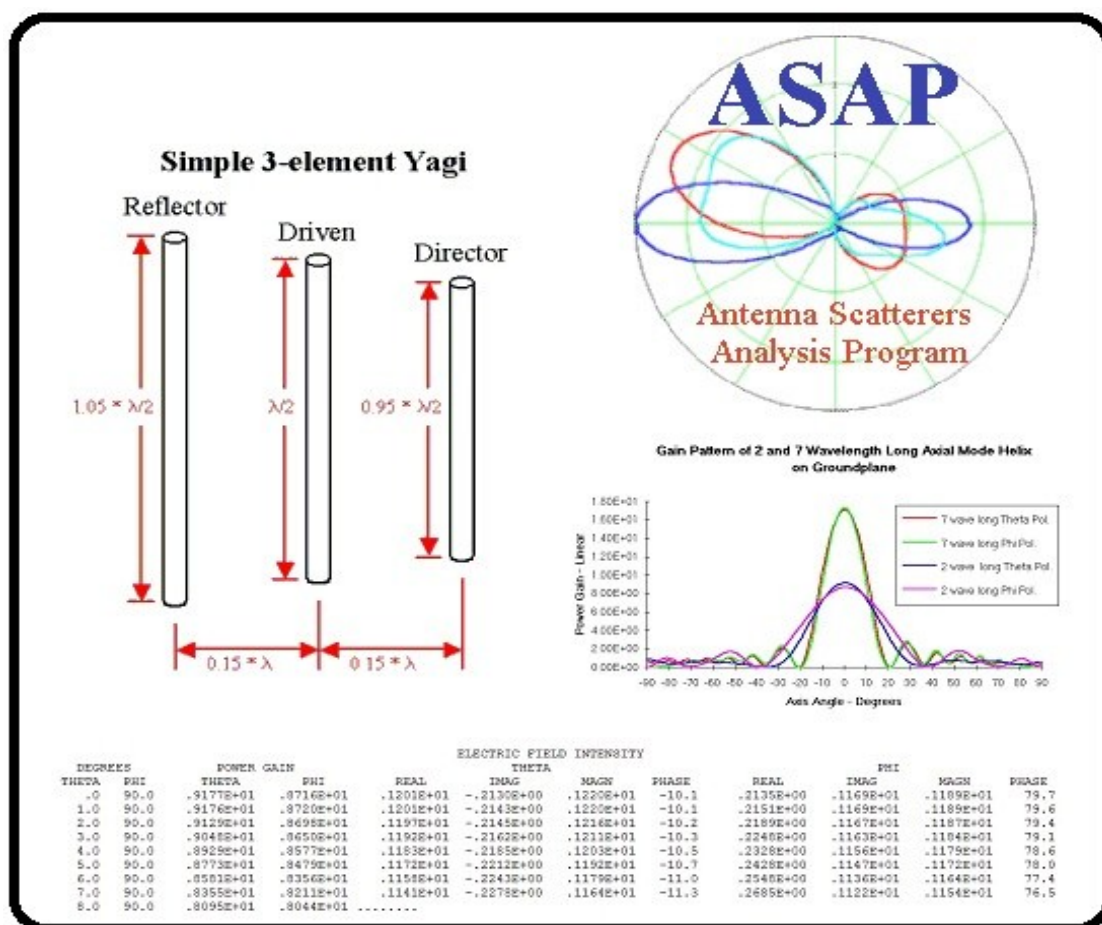
Antena Scatterers Analysis - jeden z prvotních programů. Ukazuje, že i tento software může být stále užitečný. Zásluha patří panu Rayi L. Grossovi, nadšenému radioamatérovi z USA. Program nemá GUI a je kompletně zdarma. Funguje jako **ICARA** na bázi ASCII tabulek. Bohužel se musí vytvořit v ASCII editoru, ručním výpisem příkazů. Vznikne soubor, ze kterého **ASAP** vybere všechny informace a vytvoří charakteristiky, výpočty a simulaci.

**ASAP** nabízí mnoho verzí, které umí počítat od 200 až po 20000 segmentů. S nejvyšší řadou jsou ale problémy a sám tvůrce udává, že je zapotřebí zvláštního zacházení. Proto je asi nejlepší ta verze programu, která podporuje 14000 segmentů.

Program je možná neefektivní, ale pořád stojí za zmínku, i když to je asi jediné. Tento software, byť má určitý potenciál, je už na konci svého období. V dnešní době uživatel nehledá pouze výpočetní stroj, ale také nástroj, se kterým se mu bude příjemně pracovat a to **ASAP** bohužel nenabízí. Lepší variantou v této sekci je rozhodně **ICARA**. Přesto za svou dobu působení jistě mnoho uživatelů navrhlo svou anténu právě v tomto freewarovém programu.

Vývojářem udávaná kompatibilita s OS:

MS DOS, Windows 3.1, Windows 95, Windows 98, Windows NT, Windows 2000.



Obrázek 3.4 Vzhled - ICARA



## 3.2 Shareware a placené programy

### 3.2.1 AN-SOF

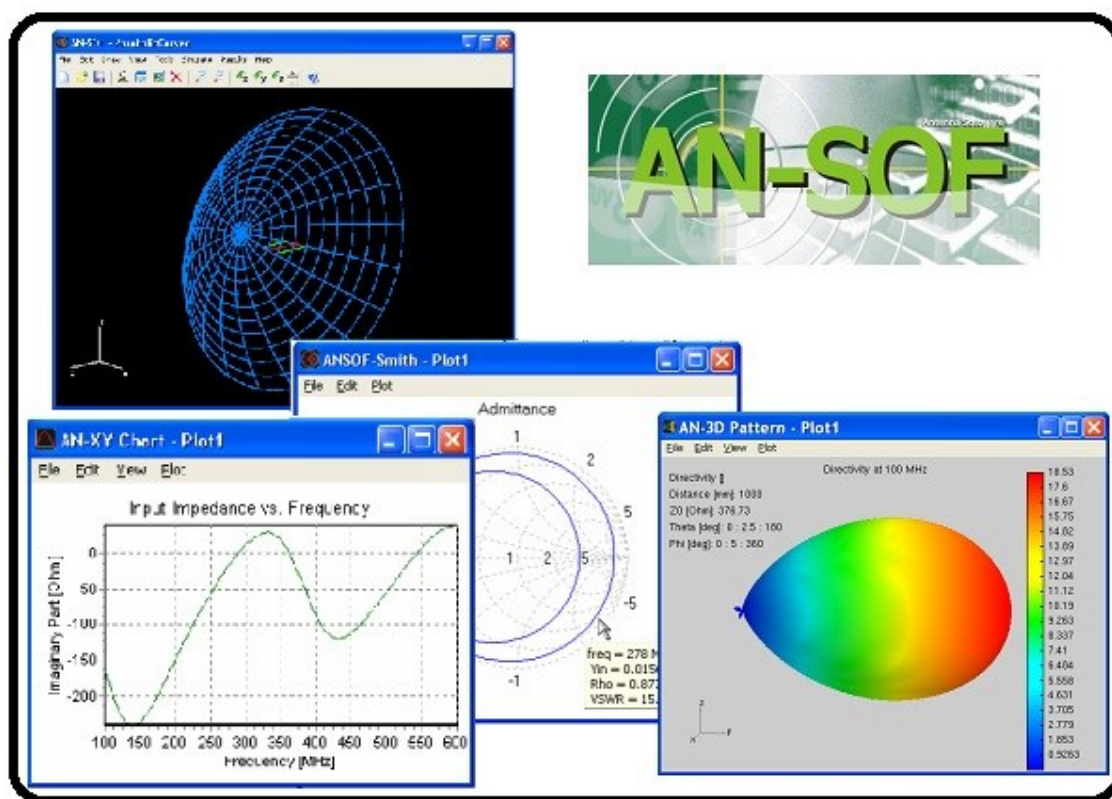
Program AN-SOF je vytvořen firmou Golden Engineering se sídlem v Argentině. Je založen na vylepšené verzi metody momentu jako **MMANA**. Software umožňuje editaci a návrh antény, stejně jako u většiny těchto programů ve 3D. Program umí vykreslit charakteristiky antény, včetně Smithova diagramu. Firma nabízí 4 licence:

- AN-SOF100 v3.0 free = 100 segmentů
- AN-SOF Basic v3.0 = 1000 segmentů
- AN-SOF Classic v3.0 = 3000 segmentů
- AN-SOF Professional v3.0 = neomezený počet segmentů

Nevýhoda programu jsou postarší www stránky a nefungující některé odkazy, tím nám výrobce nepřímo dává najevo, že nemusí být vše pořádku. Tutoriál na stránkách naležeme pouze jeden a program ve verzi free je velice omezen. Dalo by se říci, že stejné možnosti má **4NEC2**, který je zdarma.

Výrobce udává kompatibilitu s OS:

Windows 2000, Windows XP, Windows VISTA, Windows 7 a Windows 8.



Obrázek 3.5 Vzhled - AN-SOF

### 3.2.2 EZNEC

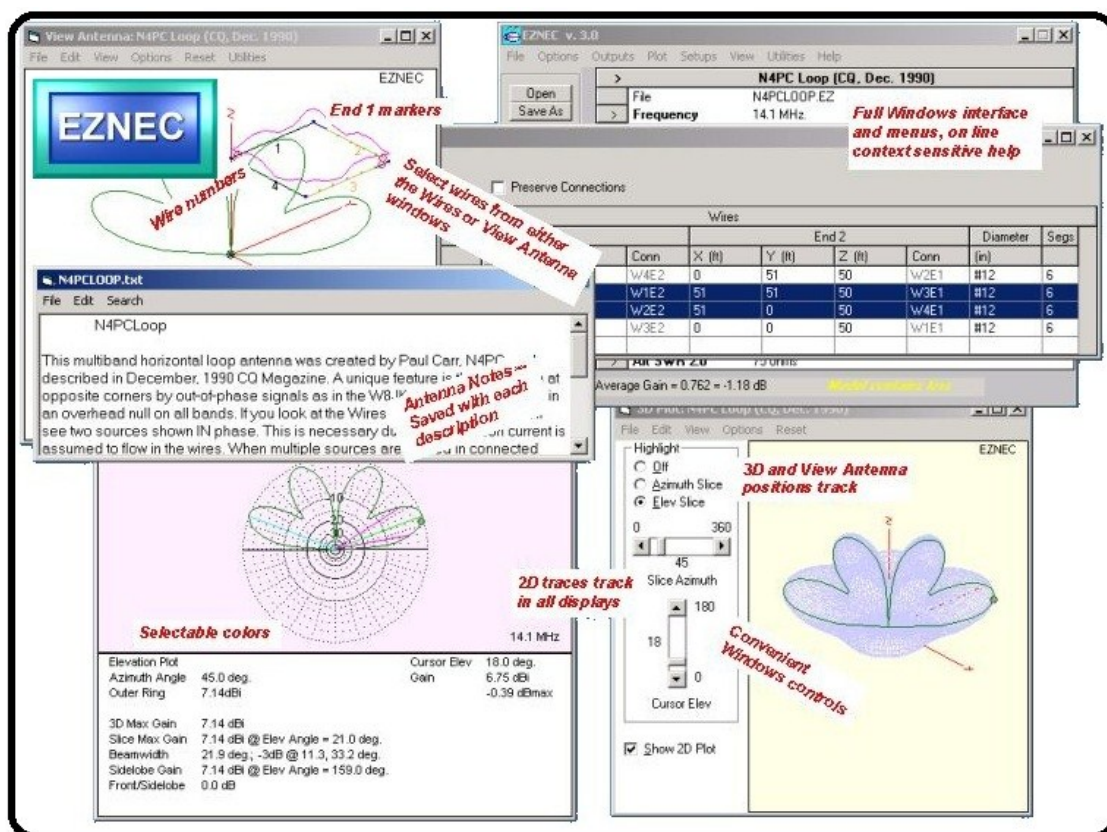
Program vytvořil radioamatér Roy Lewallen z USA. Program tak jako všechny na NEC bázi umí 3D vzdálené pole, 2D elevaci a výpočet důležitých vlastností antény. Vypadá podobně jako **MMANA**. Bohužel demo verze je hodně omezena a program je placený. Výhodou naopak je kompatibilita s **4NEC2**. Na stránkách vývojáře jsou dostupné 4 licence:

- EZNEC v.5.0 demo = 20 segmentů
- EZNEC v.5.0 = 500 segmentů
- EZNEC + v.5.0 = 1500 segmentů
- EZNEC pro v.5.0 = 20000 segmentů

Tento program není žádným zázrakem, je placený a nabízí stejné možnosti jako **MMANA**. Je dokonce horší než freewarový **4NEC2**. Stránky jsou sice aktuální a **EZNEC** se stále vylepšuje, ale bohužel cena je velmi nadsazená. Co naopak potěší, je aktivita tvůrce, a také možnost zakoupení licence, které podporuje NEC4, což rozhodně pomůže při složitějších návrzích.

Výrobce udává kompatibilitu s OS:

Windows 98, Windows 2000, Windows XP, Windows VISTA, Windows 7, Windows 8 a Linux+wine



Obrázek 3.6 Vzhled - EZNEC

### 3.2.3 SuperNEC

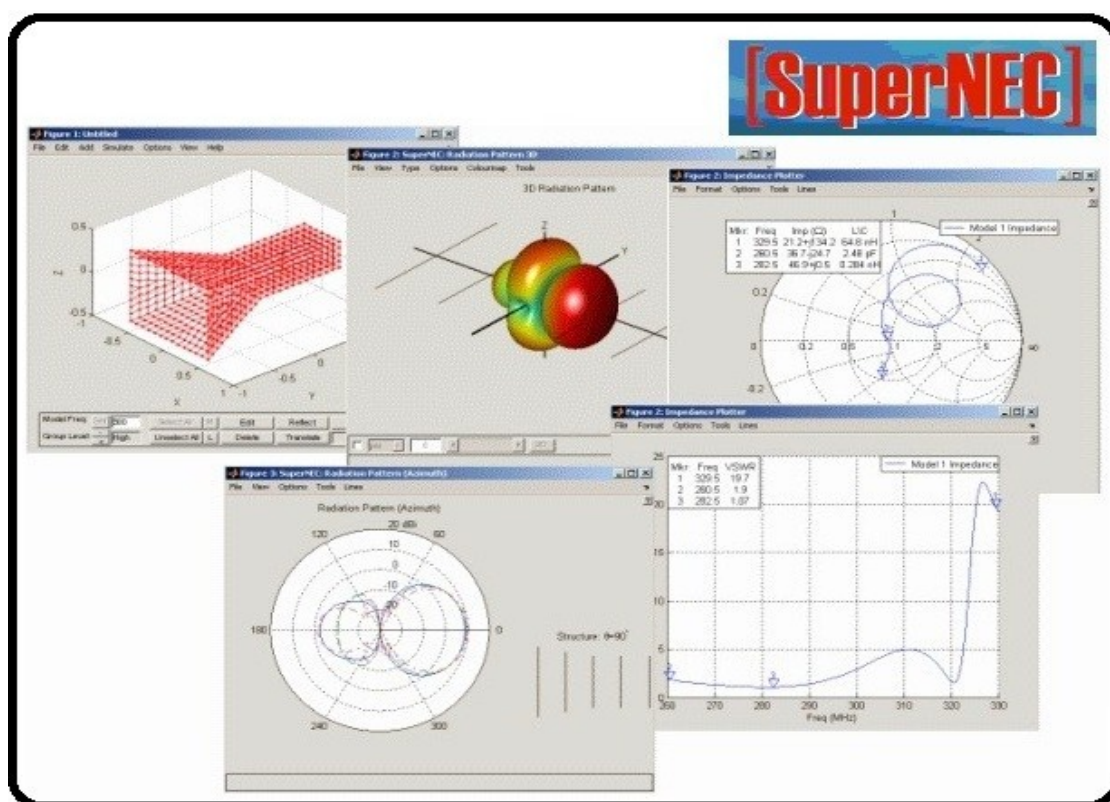
Software vyvinutý firmou Poynting Software z Jihoafrické republiky. Tento program je placený, ale nabízí i zkušební verze. Dokáže vykreslit 2D i 3D vzdálené pole a na rozdíl od běžných NEC programů umí simulovat také prostředí. Například můžeme simulovat pokrytí antény na palubě letadla či v uzavřeném objektu. V základu nabízí několik desítek antén a také různá prostředí pro simulaci: letadla, lodě a objekty. Dostupný je také manuál a návody, firma také disponuje pobočkami po celém světě, na které se dá obrátit kvůli podpoře. Na stránkách jsou dostupné 4 licence:

- SuperNEC Lite = 300 segmentů / 30 dní
- SuperNEC Study = 500 segmentů / 1 rok
- SuperNEC (no limits) = neomezeno segmentů
- SuperNEC Parallel = pro více než jeden počítač (sálové výpočty)

Stránky firmy byly aktualizovány naposled v roce 2005, což svědčí o neaktivitě. Velkou nevýhodou je, že program potřebuje pro svůj chod funkční program **Matlab**. Zároveň je software neúměrně předražený, vzhledem ke svým funkcím. V této cenové relaci se dá bez problému zakoupit software na CAD bázi, který bude novější a uživatelsky příjemnější.

Výrobcem udávaná kompatibilita s OS:

Windows 2000, Windows XP, Windows VISTA, Windows 7 a Linux



Obrázek 3.7 Vzhled – SuperNEC

### 3.2.4 Antenna Magus

Firma Magus z Jihoafrické republiky prakticky sousedí s firmou EMSS, která navrhla program **FEKO**. Proto má Antenna Magus zajištěnu kompatibilitu s tímto programem a také s **CST** studiem. Díky tomu se z něj stává mocný nástroj pro návrh a simulaci. Program je sám o sobě velice příjemný a postaven také na CAD systémech. V základu má mnoho přednastavených a vytvořených příkladů antén a prostředí. Zároveň je práce v něm naprosto intuitivní a výrobce přidává mnoho tutoriálů a návodů. Velkou výhodou je zkušební verze zdarma. Firma nabízí tyto licence:

- AntennaMagus Evaluation = pouze na „ošáhání“ softwaru (prakticky nic nefunguje)
- AntennaMagus Classroom = 20 segmentů, omezené vkládání antén a vytváření
- AntennaMagus Professional = neomezený počet segmentů + export do **FEKO** nebo **CST**

AntennaMagus je důmyslný CAD software, který byl sestaven kvůli spolupráci. Obrovskou výhodou zde je, že je kompatibilní s **CST** a **FEKO**. Tím se stává univerzálním nástrojem s velice příjemným uživatelským prostředím. Samozřejmě, že není tak obsáhlý jako např. **CST**, ale i přesto si najde cestu do mnoha firem, díky jednoduché obsluze, aktivním tvůrcům, kompatibilitě a nižší ceně než u konkurence.

Výrobce udává kompatibilitu s OS:

Windows XP Prof, Windows VISTA Business, Windows 7, Windows 8 nebo Windows server 2003.



Obrázek 3.8 Vzhled - AntennaMagus



### 3.2.5 FEKO

Ve firmě EMSS v Jihoafrické republice vyvinuli jeden z předních softwarů pro simulace. Tento software pracuje na CAD principech, tím pádem se dá vytvořit libovolná anténa či objekt. Výhodou je spousta učebních pomůcek, podpora po celém světě, jednoduchý a intuitivní způsob ovládání, kompatibilita s nejnovějšími systémy a také s ostatními programy na simulace antén. Přes program Antenna Magus můžeme projekt přepsat jednoduše do CST studia. Stránky softwaru jsou aktuální a firma stále vydává nové a lepší verze. Licence, které má firma k dispozici:

- FEKO LITE = je free na 30 dní, ale se spoustou limitů. Mezi největší patří max. 500 segmentů, podpora pouze 20MB paměti RAM a dokonce časový limit na řešení jedné úlohy a to 10 minut.
- FEKO Classroom edition = Tato verze je zdarma ve formě zapůjčení. Licence je určena pro výuku, na školách a univerzitách. Učitel nebo škola musí písemně požádat a vysvětlit v podobě krátkého shrnutí na co bude software používat. Není nijak rapidně omezena, jenom je zde omezení podporované paměti na 1024MB.
- FEKO FULL = placená verze, neomezený počet segmentů a možností

Program je jedním z absolutních špiček v této problematice. Bohužel je placený, ale sazba není tak vysoká jako u CST a proto tento software určitě bude mít budoucnost. Rozhodně potěší časté studentské soutěže a verze, které jsou zdarma na vyzkoušení.

Výrobce udává kompatibilitu s OS: Windows XP Prof, Windows VISTA Business, Windows 7, Windows 8, Windows server 2003,2008 a Linux.



Obrázek 3.9 Vzhled - FEKO

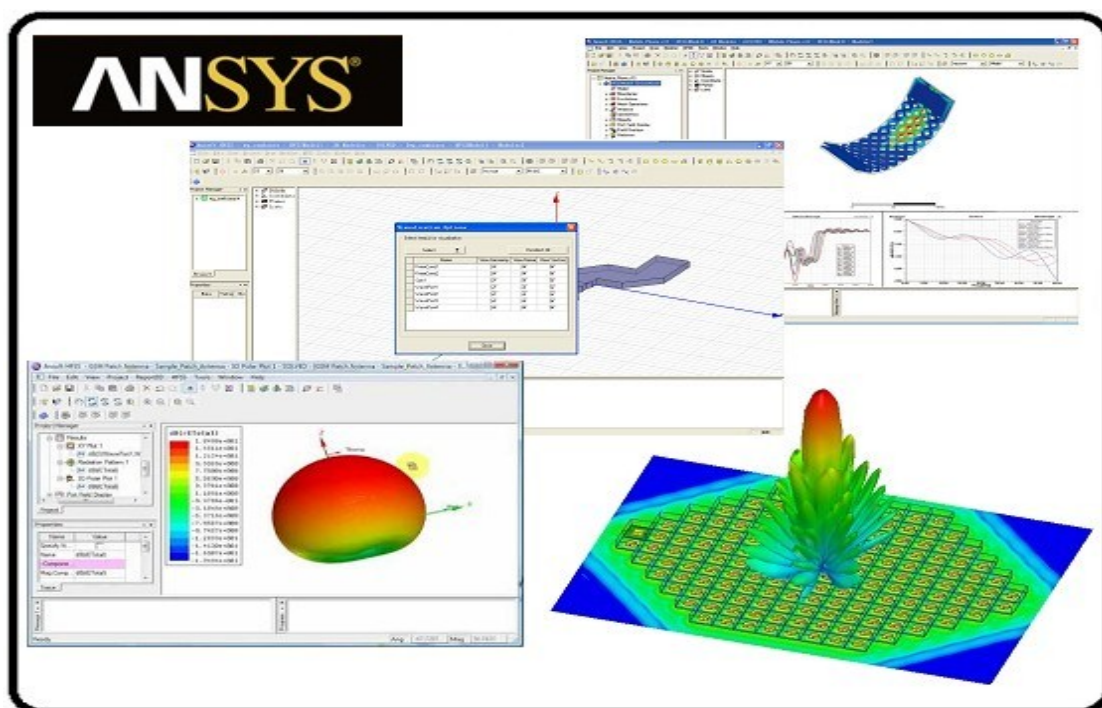
### 3.2.6 Ansoft HFSS

Tento program byl navržen firmou ANSYS, která sídlí v Pennsylvánii v USA. Mají však své pobočky a střediska po celém světě. Nejblíže České republice jsou pobočky v Německu. Firma je světově známá a byla založena již v roce 1970. To z ní v dnešní době dělá korporaci, která bezproblémově dokáže konkurovat softwarům jako je CTS studio. Momentálně je firma jedna z nejrychleji rostoucích na trhu, protože má široký záběr programů od strojírenství až po elektroniku a rádiové simulace. Každoročně věnuje 15% svých výtěžků do výzkumu, aby se neustále zlepšovala software. Systém je placený, ale díky štědrému programu pro studenty se dá sehnat jako studentská verze. Program Akademických výhod nabízí výkonnou verzi programu, který je omezen sofistikovanou metodou **FLEXnet**. Tato metoda funguje na principu licenčního serveru, který je v síti a poté je možno instalovat software, na libovolný počet počítačů. Limitován je pouze počet úkolů a vzdálenost cca 80km od serveru. Přístup k serveru je možný pomocí VPN nebo přes síť LAN. Také je zde možnost „zapůjčení úkolu sebou“ tak, že musí zůstat v určené vzdálenosti a poté se s ním dá pracovat až 7 dní. Pokud by byla vzdálenost opravdu malá, celá záležitost se dá řešit s prodejcem o udělení výjimky.

Firma Ansys vytvořila velice úspěšný program, také díky tomu, že je umožněno z libovolného CAD systému importovat projekt (např. z **AutoCadu**) a pak provádět simulace. Díky inovativním přístupům k problému má firma již dlouholeté úspěchy. Tento software má velkou budoucnost. Bohužel jak už to u těchto systémů bývá je pouze placený, ale má štědrý studentský program.

Výrobce udává kompatibilitu s OS:

Windows 2000 SP3, Windows XP, Windows VISTA, Windows 7, Windows 8.



Obrázek 3.10 Vzhled - Ansoft HFSS

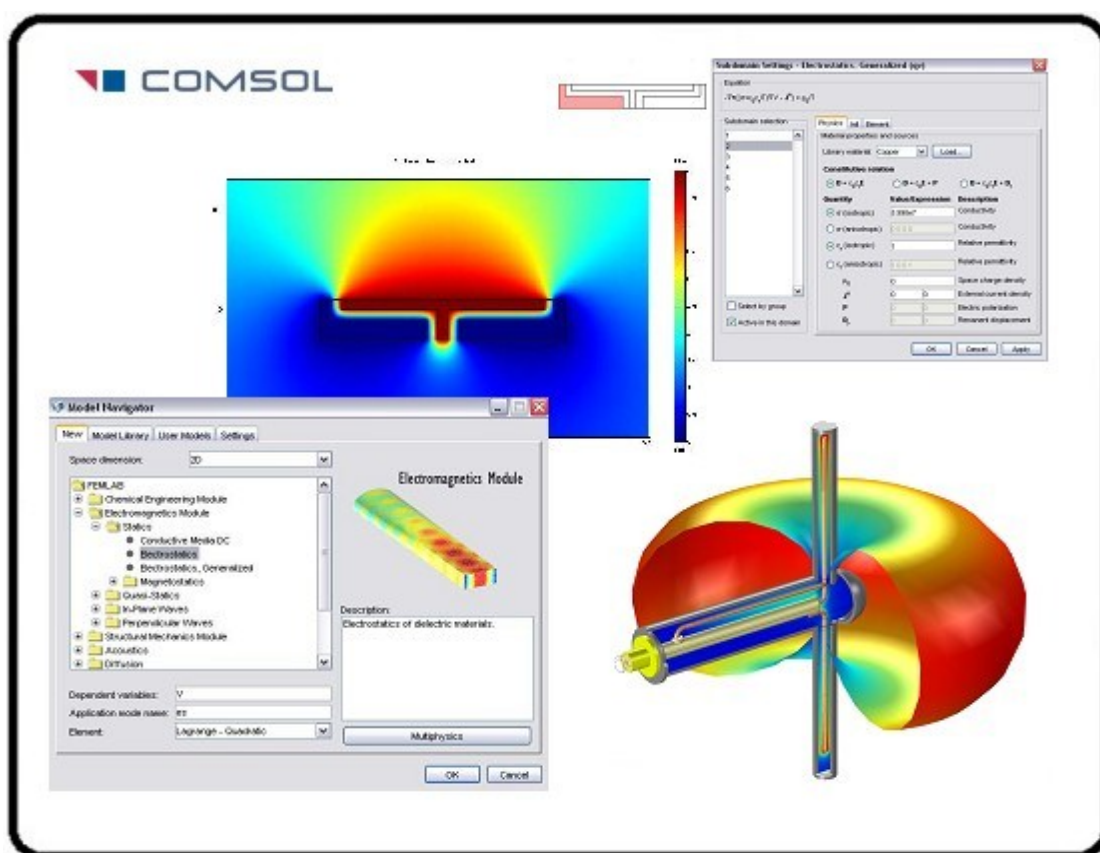
### 3.2.7 Comsol FEMLAB

Program FEMLAB, od švédské společnosti COMSOL Multiphysics funguje jako nástavba výpočtového prostředí MATLAB. Jedná se o program, který využívá k modelování a simulaci úloh z oblasti vědy a technické praxe parciální diferenciální rovnice. Přesto by se jej dalo řadit mezi CAD softwary, jelikož grafické prostředí programu a dokonce i tvorba v geometrickém modelu se těmto programům více než podobá. Tento software není primárně určen k simulaci antén, ale má mnoho jiných funkcí, které se využívají ve všech možných odvětvích vědy a techniky. Zajímavou funkcí je v tomto programu Multiphysics. Tato funkce umožní sloučit více fyzikálních vlivů do jedné řešené úlohy.

Software FEMLAB je placený. Příjemné ale je, že firma nabízí více licencí. A to plnou verzi či Trial, ve které je kompletně funkční program dostupný po dobu 14ti dnů. Pokud má někdo o tuto verzi zájem, musí o ni zažádat. Dále je rozhodně přínosné, že má program zastoupení v České republice a to společnost Humusoft. Na internetu se dá nalézt mnoho tutoriálů včetně českého. Program je zajímavou alternativou, která dokáže řešit více různých problémů najednou. Bude ideální pro školní účely technických fakult a také pro firmy se širokým zaměřením výroby a vývoje.

Výrobce udává kompatibilitu s OS:

Windows XP, Windows VISTA, Windows 7, Windows 8, Linux, Mac a Solaris



Obrázek 3.11 Vzhled - Comsol Femlab

### 3.2.8 CST design studio

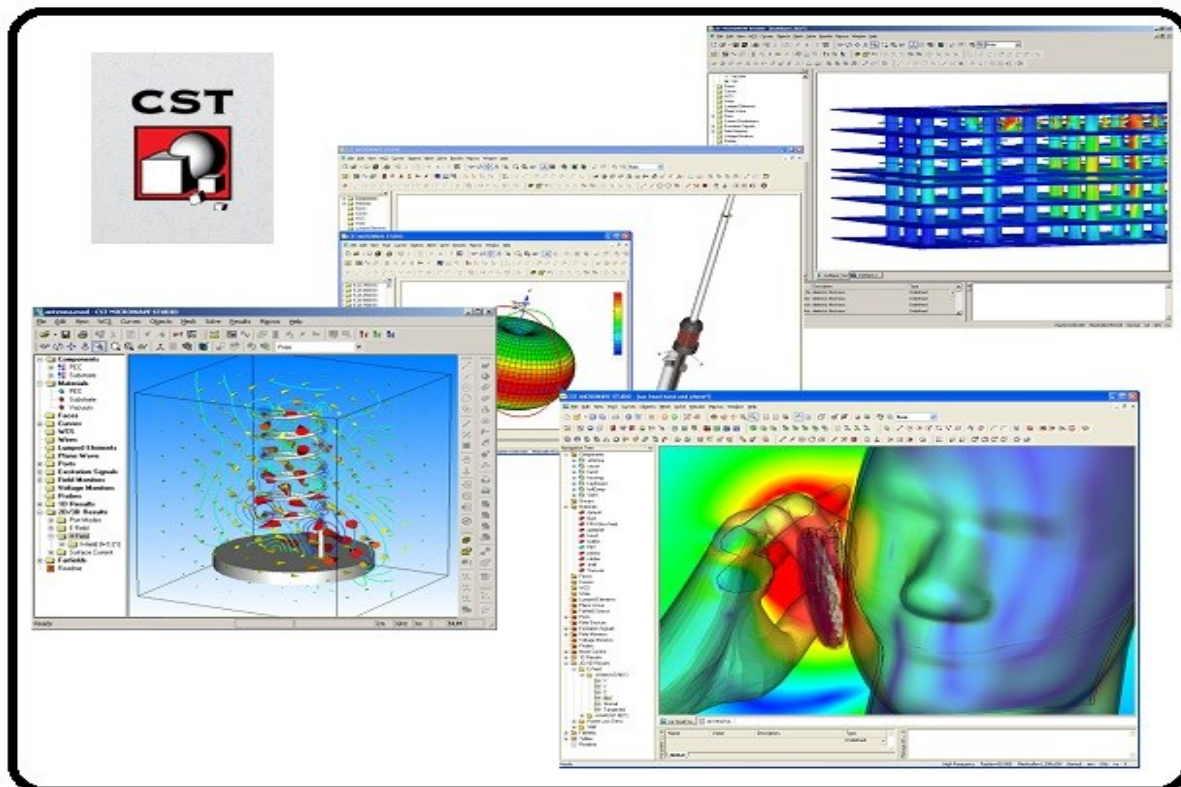
Korporace CST je původem z USA. Této firmě se povedlo vytvořit nejznámější software pro simulaci antén. Tak jako **FEKO** se jedná o CAD systém, znamená to, že dokáže navrhovat libovolné 3D objekty. Je schopen vytvořit nejen anténu s přesnými charakteristikami a hodnotami, ale také simulaci pokrytí v různých prostorech. Dokáže simulovat rádiové emise a spousty dalších nadstandardních prvků. Navíc bohaté vybavení, semináře po celém světě, soutěže pro studenty a mezinárodní podpora je velice pozitivním faktorem. Centrum podpory je také v Praze a tím se řadí k nejbližším ze všech programů.

Firma se každoročně pyšní bohatým univerzitním programem. Nabízí buďto licence, které jsou za velice sníženou cenu nebo licence, které jsou zdarma. Ty však není vůbec jednoduché získat. Tyto licence jsou zpravidla na jeden rok a pro jejich získání musí univerzita nebo vyučující kontaktovat firmu CST a popsat celý záměr používání softwaru, vybavenost univerzity a význam celého výzkumu. Tyto dokumenty jsou poté zváženy a bohužel často se stává, že firma nakonec projekt zamítne.

CST design studio je momentálně kultem mezi těmito softwary. Bohužel tato zpráva se dostala i do firmy a to má velice negativní dopad na uživatele. Software je pouze na placenou licenci, nemá ani trial či demo verzi, pouze obtížně sehnatelnou akademickou verzi. Placená licence stojí desítky až stovky tisíc korun (záleží na druhu licence). Proto se s tímto softwarem dá setkat velice zřídka.

Výrobce udává kompatibilitu s OS:

Windows XP, Windows VISTA, Windows 7, Windows 8.



Obrázek 3.12 Vzhled – CST studio



### 3.3 Celkové srovnání programů

Tabulka 3.1: Celkové srovnání programů

Název programu	Platforma	Licence	Možnost rozšíření	Počet segmentů ve zkušební verzi	Kompatibilita udávaná výrobcem (nejnovější OS)	Aktuálnost	Obtížnost
ICARA	ASCII	Freeware	NE	neuveden	Windows XP	6/10	nižší
ASAP	ASCII	Freeware	NE	20000	Windows NT	3/10	vysoká
4NEC2	NEC	Freeware	NE	11000	Windows 8 Linux+wine	10/10	vysoká
MMANA (basic)	NEC	Freeware	ANO	8192	Windows 7 Linux+wine	10/10	nižší
EZNEC (free)	NEC	Shareware	ANO	20	Windows 8 Linux+wine	9/10	vysoká
AnSOF (Demo)	NEC	Demo	ANO	100	Windows 7	8/10	střední
SuperNEC (lite)	NEC	Trial	ANO	300	Windows 7 Linux	2/10	vysoká
Antenna Magus (evaluation)	CAD	Demo	ANO	žádný	Windows 8	10/10	střední
FEKO (lite)	CAD	Trial	ANO	500	Windows 8	10/10	vysoká
Comsol FEMLAB (trial)	CAD	Trial	ANO	maximum	Windows 8 Linux	10/10	střední
Ansoft HFFS	CAD	Placený	NE	žádný	Windows 8	10/10	střední
CST studio	CAD	Placený	ANO	žádný	Windows 8	10/10	vysoká

---

### ***Vysvětlení k tabulce:***

**Název programu** – Zde je uvedena kromě názvu, také verze programu (např. light nebo basic) a to z důvodu zadání, ve kterém bylo za úkol popsat volné verze programů. Pokud zde není verze uvedena znamená to, že je program zdarma nebo je kompletně placený.

**Platforma** – Na jakém základu je software postaven? Toto většinou hodně ovlivní ovládání programu.

**Možnost rozšíření** – Zda se k programu dá dokoupit nějaký rozšiřující balíček nebo zakoupit vybavenější licence.

**Garantovaná kompatibilita** – Co uvádí výrobce na svém webu. Pod kterým systémem je tento software schopen provozu.

**Aktuálnost** – Tato položka je subjektivní pohled na software. Aktuálnost je odvozena podle aktivity tvůrců. Zda jsou aktualizovány webové stránky, kompatibilita pro novější operační systémy a také jestli reagují na dotazy uživatelů. Hodnoceno na stupnici od 1 (nejméně) až po 10 (nejvíce).

**Obtížnost** – Zde je hodnocena rychlost osvojení. Neboli jak dlouho trvá uživateli, než se program naučí běžně používat. Přispívá k tomu počet dostupných tutoriálů na internetu, zda jsou dostupné návody nebo možnost nějakého typu doučování a také jak je program rozsáhlý.

### ***Druh licence: [1]***

**Shareware** – *Jde o zkušební verzi, jinak placeného softwaru. Mívá omezené některé funkce.*

**Trial** - *Program má časově omezenou licenci. Zpravidla to bývá 30 dní. Po uplynutí této doby obvykle přestane fungovat. Dál jej můžete používat jen po zaplacení plné verze.*

**Demo** - *Funkčně omezená verze programu, nejčastěji se setkáváme s demoverzemi her.*

**Freeware** - *Jde o programy, které jsou zdarma. Ale pozor, někdy ne tak úplně. Některé freeware se např. nemohou používat ke komerčním účelům apod.*

---

## 4 Představení vybraných programů

### 4.1 Dodatečná rešerše dvou vybraných programů

Z programů, které byly představeny v minulé kapitole, bylo za úkol vybrat dva. Vybírání nebylo těžké, jelikož měly být vybrány programy, které jsou zdarma a nejsou moc omezeny. V tomto případě byly po právu zvoleny dva zástupci - programy MMANA a 4NEC2. Všechny ostatní jsou buďto placené, hodně omezené nebo zastaralé. Programy, které byly zvoleny splňují kritéria jak zadání, tak i běžných uživatelů tohoto typu softwaru. Budou zde detailně popsány a průvodci pro obsluhu těchto programů vloženy jako příloha této bakalářské práce.

### 4.2 Detailní představení programu MMANA-GAL

**MMANA** = [Multilingual MM Antenna Analyzer] = [Vícejazyčný MM Anténní Analyzátor].

Tento název program nedostal pouze náhodou. V dnešní době je to jeden z nejrozšířenějších freewarových programů pro simulaci antén a to zejména kvůli jeho lokalizaci. Program je přeložen do více než deseti jazyků, což u jiných softwarů nemůžeme očekávat. Primárním jazykem radiokomunikační techniky je angličtina, ale u MMANY to tak není. Díky patří Ing. Martinu Kratoškovi. Jak už bylo řečeno v minulé kapitole, program byl vytvořen třemi radioamatéry: Alexem Schewelewem, Igorem Gontcharenkem a hlavním programátorem, panem Macoto Mori. Jsou to členové mezinárodní radioamatérské skupiny Hamcall.

Program má široké pole využití a jeho klady jsou zřejmé na první pohled:

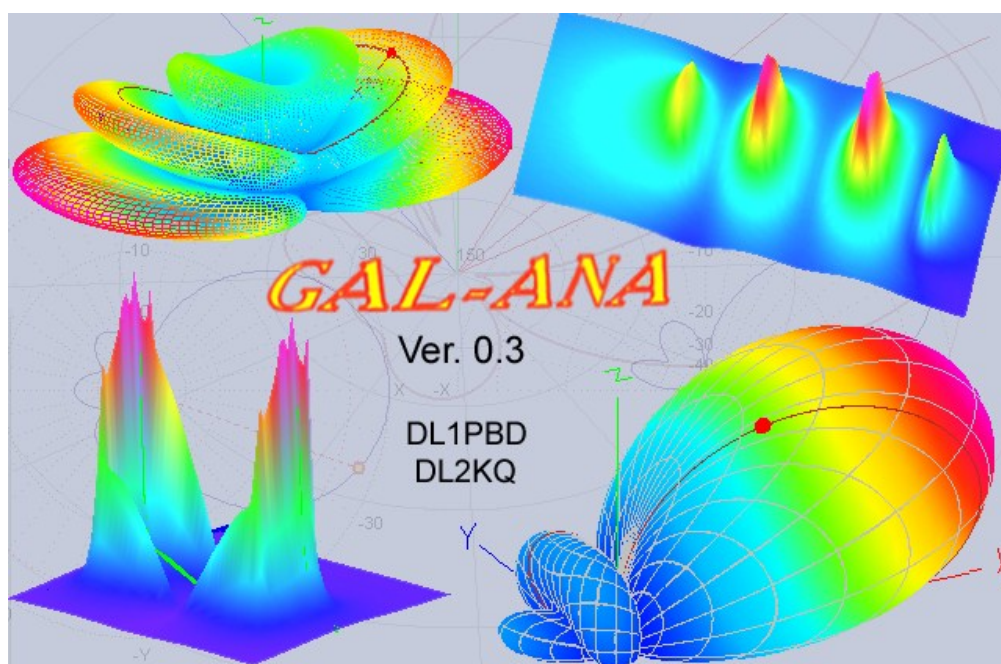
- Česká lokalizace.
- Jednoduchá a rychlá obsluha.
- Rozšířená freewarová licence.
- Mnoho návodů, tutoriálů a komunita uživatelů.

MMANA vychází z původního MININECv3. Proto je daleko jednodušší než většina NECově založených softwarů. Má samozřejmě omezenější možnosti použití. Ale běžným uživatelům a radioamatérům tato skutečnost vůbec nevádí. Díky těmto vlastnostem je práce v programu velice rychlá. Proto je důležité rozlišovat programy na NEC a MININEC bázi! Většina NECových programů je totiž napsána v jazyce Fortran a tyto programy jsou určeny pro složitější operace na výkonnějších strojích (např. Super nec umí sálové výpočty). Kdežto MININEC byl vytvořen v jazyce Basic a od začátku to byl velice jednoduchý nástroj, který ani neměl pořádné GUI. Později byl program přepsán z Basicu do jazyka C++, aby byl rychlejší a podporoval více paměti. Taky u grafického rozhraní je na první pohled patrné, že je mnohem méně obsáhlé než u NECových systémů.

Matematické úkony potřebné pro výpočet vzdáleného pole, jsou velmi komplikované, než abychom je dělali manuálně. Proto byla vyvinuta MMANA, která používá vylepšený rychlý zdrojový kód MININECu a ten udělá celou práci. Program vypočítává (kromě vzdáleného pole) také celou řadu dalších věcí jako je: impedance, šířku pásma, atd. Nicméně i zde se musíme řídit pravidlem „Garbage in, garbage out“. Protože je důležité, co uživatel do programu zadává, a musí ho alespoň částečně

pochoptit, než ho začne používat. Tak jako jiné programy, i MMANA potřebuje nějaký čas na základní ovládnutí, ale poté se z ní stává mocný nástroj a hlavně pomocník při tvorbě antén. Její velikou výhodou je jednoduchost, množství tutoriálů, komunita tvůrců a hlavně lokalizace do více než deseti jazyků, včetně jazyka českého. Proto by osvojení programu, mělo být opravdu rychlé. Zde je skupina vytvořená tvůrci na serveru Yahoo. Každý se do ní může přidat a řešit tak problémy s profesionály.

Zajímavostí je jistě také další verze takzvaná GAL-ANA, kterou tvůrci ještě nemají hotovu, ale je možno z jejich stránek stáhnout demo verzi, která představuje názornou ukázkou budoucích schopností programu např. barevné rozšíření vzdáleného a blízkého pole nebo schopnost pracovat na bázi NEC4. Tento program byl sice naposledy aktualizován v roce 2008, ale snad tvůrci dodrží své slovo a nakonec ho zdárně dokončí.



Obrázek 4.1: GAL-ANA

Kompletní návod na program se nachází v příloze číslo 1. – Průvodce v programu MMANA-GAL.

### 4.3 Detailní představení programu 4NEC2

Program byl vytvořen. Arie Voorsem, který pracuje ICT Solutions ve městě Enschede v Nizozemsku. Navrhnul tento software z původního NEC systému. Protože program vychází z těchto podmínek je tedy složitější než MMANA, ale za to se s programem dají tvořit daleko důmyslnější systémy.

Program 4NEC2 vychází z linie NECů a to právě z verze 2 jak již napovídá název. Jelikož tato verze byla „vypuštěna“ na veřejnost jako volná verze z jejímž kódem může kdokoli pracovat či manipulovat. Pokud by jsme chtěli novější verzi musíme si vyžádat licenci, která už je bohužel placená viz tato tabulka:

Tabulka 4.1: Linie vývoje NEC

<b>NEC</b>	Originální verze.
<b>NEC2</b>	Public domain - jedná se o software, u kterého se jeho tvůrci dobrovolně vzdali svých autorských práv. Takovéto programy můžete jakkoliv upravovat i volně šířit.
<b>NEC3</b>	Umožňuje pokládat vlastní uzemňovací vodiče.
<b>NEC4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lepší modelování terénu.</li> <li>- Dokáže používat dielektrika (skutečné izolované vodiče).</li> <li>- Vyžaduje komerční licenci od LLNL (Lawrence Livermore National Laboratory).</li> <li>- Řízený export.</li> </ul>

Je navržen tak, aby byl vhodný jak pro začátečníky, tak pro pokročilé uživatele. Pro začínající uživatele je určitě užitečný 3D geometrický editor, který je natolik pochopitelný, aby v něm mohl tvořit i naprostý laik. Je to systém podobný jako u **MMANY**.

Kompatibilita programu je zajištěna od operačního systému Windows 95 až po dnešní W8. Také by s pomocí wine neměl být problém s operačními systémy Linux. Můžeme importovat výsledné soubory do více formátů, pro jiné NEC softwary. Tímto si výrobci programů dopomáhají, pokud má někdo projekt zhotoven např. v programu **EZNEC**, měl by ho ve **4NEC2** otevřít.

Přesto, že je **4NEC2** složitější než **MMANA** po jisté dávce pochopení a prostudování se i z obyčejného laika může stát profesionální tvůrce antén. Bohužel program není v českém jazyce, ale pouze v anglickém. Díky tutoriálům, které jsou na internetu včetně stránek samotného tvůrce + zhotovené antény a vzorové simulace, které jsou již vytvořeny v programu, by nemělo pochopení trvat dlouho. Zároveň tvůrce zřídil fórum, na kterém informuje všechny, kdo se zajímají o tento software a velice rád odpoví na případné dotazy.

Kompletní návod na program se nachází v příloze číslo 2. – Průvodce v programu **4NEC2**.

---

## 5 Závěr

Bakalářská práce byla zaměřena na simulační programy pro modelování antén. Dostupných programů je na současném trhu dostatek. Mnoho ale neodpovídá současným požadavkům průměrně náročného uživatele. Srovnáním dostupných programů v této práci se ukázalo, že i volně šiřitelné programy mohou být dostatečně kvalitní a důmyslné natolik, aby uspokojily jak běžného uživatele, tak i profesionála v tomto oboru.

Tématem bakalářské práce byly softvérové nástroje pro modelování antén. Hlavními cíli práce bylo provést rešerši volně šiřitelných programů pro modelování antén, stručně popsat práci ve volně šiřitelných programech pro modelování antén a vytvořit praktického průvodce ve vybraném programu.

Ke zpracování bylo použito následujících metod:

- Analýzu dostupných informací o dané problematice.
- Výběr a popis vhodných programů.
- Zkoumání celé problematiky simulací
- Rozbor programu MMANA-GAL.
- Rozbor programu 4NEC2.
- Vytvoření průvodce – příručky pro uživatele

První část práce se zabývala prvopočátkem historie simulace antén. A dále simulačních programů, zhruba od poloviny 20. století dodnes. Dohledání historie v tomto oboru není nijak obtížné, ale až od doby vzniku výpočetní techniky. Historie simulací antén před tímto mezníkem je velice špatně zdokumentována a to především proto, že jednodušší bylo samotnou anténu sestavit než vypočítat její charakteristiky. Toto období je popsáno pouze okrajově.

Další kapitola byla věnována rešerši volně dostupných i placených programů, řešících tuto problematiku. Tyto programy zde byly stručně popsány a srovnány jejich parametry. Byla vytvořena přehledná tabulka, která programy srovnává hned v několika parametrech, důležitých pro zájemce o rádiové sítě. Tato tabulka ukázala, že i volně šiřitelné programy se některými svými funkcemi vyrovnají programům placeným a často velmi drahým. Běžnému uživateli funkce volně dostupných programů více než dostačují.

V praktické části byly vybrány dva volně dostupné programy MMANA-GAL a 4NEC2, které byly blíže analyzovány, aby mohly být vytvořeny uživatelské příručky. Snahou bylo vytvořit průvodce v každém z těchto programů od jejich instalace až po výslednou simulaci antény. Programy byly podrobně popsány, aby je pochopil i začátečník.

Tyto příručky byly vloženy jako přílohy číslo 1 a 2 u této bakalářské práce a mohou být použity samostatně jako výukový materiál nebo jako manuály k daným programům.

---

## Použitá literatura

- [1] Život s počítačem. *Druhy licencí softwaru* [online]. 15. 8. 2008 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://beruska55.blog.zive.cz/2008/08/druhy-licenci-softwaru/>
- [2] 4nec2 forum Hosted by freeforums.org. *4nec2 forum* [online]. 2010 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://fornectoo.freeforums.org/>
- [3] Wikipedia.infostar.cz. *Historie ASCII* [online]. 2010 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://wikipedia.infostar.cz/a/as/ascii.html>
- [4] LAWRENCE NATIONAL LABORATORY. *The Numerical Electromagnetics Code (NEC) – A Brief History* [online]. 2004, č. 1 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/304278.pdf>
- [5] Help MMANA-GAL basic. *MMANA-GAL - basic* [online]. 2000, 2013 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://gal-ana.de/basicmm/en/#te>
- [6] Antenna Design. *MMANA-GAL Antenna Modeling Program* [online]. 2005 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.smeter.net/antennas/mmana.php>
- [7] RADIOAMATÉRSKÝ OBČASNÍK. *MMANA-GAL - 1* [online]. 22.02.2006, 21.12.2009 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: [http://www.ok1cjb.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=148:0-341&catid=7:lanky&Itemid=14](http://www.ok1cjb.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=148:0-341&catid=7:lanky&Itemid=14)
- [8] RADIOAMATÉRSKÝ OBČASNÍK. *MMANA-GAL - 2* [online]. 22.02.2006, 21.12.2009 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: [http://www.ok1cjb.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=149:0-342&catid=7:lanky&Itemid=14](http://www.ok1cjb.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=149:0-342&catid=7:lanky&Itemid=14)
- [9] Simulation of Wire Antennas using 4NEC2. *A Tutorial for Beginners* [online]. 15.8.2010, č. 1 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: [http://www.qsl.net/4nec2/Tutorial\\_4NEC2\\_english.pdf](http://www.qsl.net/4nec2/Tutorial_4NEC2_english.pdf)
- [10] CAD/CAM. *Stručná historie CAD/CAM až po současnost* [online]. 2002 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: [http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2\\_CAD-CAM.htm](http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2_CAD-CAM.htm)

### Domovské stránky programů

- [11] MMANA-GAL - MM Hamsoft. *Domovská stránka* [online]. 2000, 2013 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://hamsoft.ca/pages/mmana-gal.php>
- [12] EZNEC - Antenna Software by W7EL. *Domovská stránka* [online]. 2012 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.eznec.com/eznec.htm>
- [13] ANSYS HFSS. *Domovská stránka* [online]. 2013 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.ansys.com/Products/Simulation+Technology/Electromagnetics/High-Performance+Electronic+Design/ANSYS+HFSS>
- [14] Antenna Magus - The leading antenna design tool. *Domovská stránka* [online]. 2013 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.antennamagus.com/>

- 
- [15] FEKO - Comprehensive Electromagnetic Solutions. *Domovská stránka* [online]. 2013 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.feko.info/>
- [16] CST - Computer simulation technology. *Domovská stránka* [online]. 2013 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <https://www.cst.com/>
- [17] 4NEC2 - NEC based antenna modeler and optimizer by Arie Voors. *Domovská stránka* [online]. 2005, 2012 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.qsl.net/4nec2/>
- [18] ICARA - Universida de Vigo - Antenna design. *Domovská stránka* [online]. 2004, 2013 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.com.uvigo.es/ant>
- [19] ASAP - Antenna Scatterers Analysis Program. *Domovská stránka* [online]. 1995, 3. November 2007 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://raylcross.net/asap/index.html>
- [20] AN-SOF - Golden Engeneering. *Domovská stránka* [online]. 2000, 2012 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.antennasoftware.com.ar/>
- [21] SuperNEC - Poynting Group. *Domovská stránka* [online]. 2005 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.supernec.com/>
- [22] FEMLAB - Comsol RF Module. *Domovská stránka* [online]. 1998, 2013 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.comsol.com/products/rf/>



---

## Seznam obrázků

<i>Obrázek 2.1: Historie a evoluce NECu</i>	4
<i>Obrázek 2.2: Příklad ASCII tabulky</i>	5
<i>Obrázek 2.3: Sketchpad a světelné pero</i>	6
<i>Obrázek 2.4: Průběh Metody Momentu</i>	7
<i>Obrázek 2.5: Metoda Momentu a její časová závislost</i>	8
<i>Obrázek 3.1 Vzhled - MMANA-GAL</i>	10
<i>Obrázek 3.2 Vzhled - 4NEC2</i>	11
<i>Obrázek 3.3 Vzhled - ICARA</i>	12
<i>Obrázek 3.4 Vzhled - ICARA</i>	13
<i>Obrázek 3.5 Vzhled - AN-SOF</i>	14
<i>Obrázek 3.6 Vzhled - EZNEC</i>	15
<i>Obrázek 3.7 Vzhled – SuperNEC</i>	16
<i>Obrázek 3.8 Vzhled – Antenna Magus</i>	17
<i>Obrázek 3.9 Vzhled - FEKO</i>	18
<i>Obrázek 3.10 Vzhled - Ansoft HFSS</i>	19
<i>Obrázek 3.11 Vzhled - Comsol Femlab</i>	20
<i>Obrázek 3.12 Vzhled – CST studio</i>	21
<i>Obrázek 4.1 GAL-ANA</i>	25

---

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 3.1: Celkové srovnání programů</i>	22
<i>Tabulka 4.1: Linie vývoje NEC</i>	25
















---

---

## Seznam příloh

Příloha.A:	Příručka k programu MMANA-GAL (obsah - 33 stran).....	I
Příloha.B:	Příručka k programu 4NEC2 (obsah - 41 stran).....	II
Příloha.C:	Příložené CD .....	III

Součástí bakalářské práce je CD a jeho adresářová struktura je:

 Příručka 4NEC2	Složka souborů
 Příručka 4NEC2	2 591 kB
 4NEC2 - video	38 648 kB
 Příručka MMANA	Složka souborů
 Příručka MMANA	1 855 kB
 MMANA - video	23 907 kB
 Běžně dostupné instalace	Složka souborů
 4nec2 v5.8.11	4 200 kB
 AN-SOF100_v30_SETUP	126 395 kB
 Antenna-Magus_Evaluation	41 864 kB
 ASAP v3_2d_14k	227 kB
 EZNEC_demo v5	6 443 kB
 ICARA v1.2	20 244 kB
 MMANA_Basic v3	2 770 kB
 superNEC_trial v2.9	117 454 kB